

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-085304

**(43)Date of publication of application : 30.03.2001**

Int.Cl.

H01L 21/027

**G03F 7/30**

**Application number : 11-257923**

(71)Applicant : TOSHIBA CORP

**Date of filing : 10.09.1999**

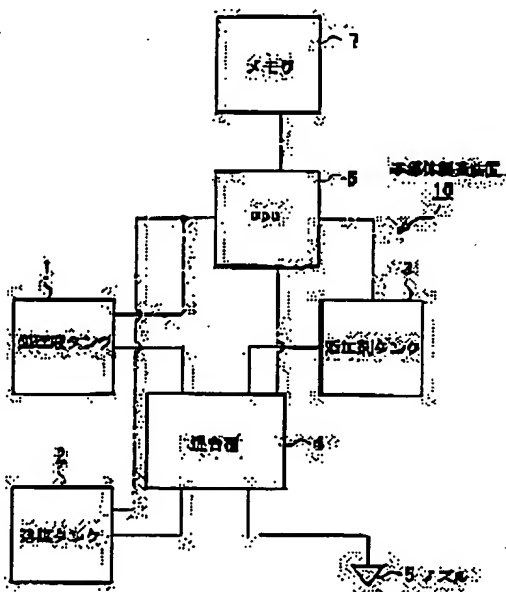
(72)Inventor : MATSUNAGA KENTARO

## SEMICONDUCTOR MANUFACTURING DEVICE AND METHOD

### Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To enable a processing liquid that is manually controlled in composition corresponding to its uses by a method wherein a semiconductor manufacturing device is equipped with a mixing tank where a processing liquid and additives supplied from tanks are mixed together, and a controller which controls the processing liquid and additives in time so as to mix them at an optimal ratio corresponding to

**UTION:** A semiconductor manufacturing device 10 is equipped with a processing liquid tank 1, a solvent tank 2, an additive tank 3, a mixing tank 4, a nozzle 5, a CPU 6, and a memory 7. One or more processing tanks 3 contain a developing solution. One or more additive tanks keep a surfactant. These tanks are connected to the mixing tank 4 with pipings, the processing liquid and additive are fed at a prescribed ratio to the mixing tank 4 and mixed together. The mixed liquid is supplied by a nozzle 5 onto a semiconductor substrate. The CPU 6 is electrically connected to the tanks 1 to 3 and the mixing tank 4 to control the volumes of liquids fed to the mixing tank and the amount of a mixed liquid fed to nozzle 5.



## AL STATUS

the of request for examination]

re of sending the examiner's decision of  
ction]

d of final disposal of application other than the  
niner's decision of rejection or application  
verted registration]

**Time of final disposal for application]**

ent number]

the of registration]

number of appeal against examiner's decision of action]

Time of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

the of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-85304

(P2001-85304A)

(43) 公開日 平成13年3月30日 (2001.3.30)

(51) IntCl <sup>7</sup>	識別記号	F I	テームド* (参考)
H 0 1 L 21/027		H 0 1 L 21/30	5 6 9 A 2 H 0 9 6
G 0 3 F 7/30	5 0 1	G 0 3 F 7/30	5 0 1 5 F 0 4 6

審査請求 未請求 請求項の数12 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願平11-257923

(22) 出願日 平成11年9月10日 (1999.9.10)

(71) 出願人 000008078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72) 発明者 松永 健太郎

神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株式会社東芝横浜事業所内

(74) 代理人 100083806

弁理士 三好 秀和 (外7名)

Fターム (参考) 2H096 A125 G105 G130 G131

5F046 DA02 DA14 DB01 LA03 LA04

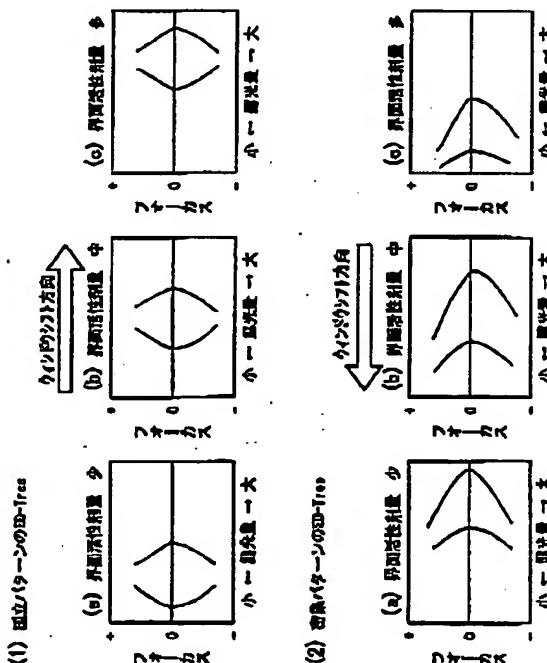
LA12

(54) 【発明の名称】 半導体製造装置および半導体製造方法

(57) 【要約】

【課題】 連続する半導体製造工程において、各工程でのプロセス裕度を大幅に改善し、超微細パターンを正確に形成する。

【解決手段】 半導体製造装置は、1つ以上の現像液タンクと、1つ以上の添加剤タンクと、前記現像液タンクおよび添加剤タンクに接続され、現像液タンクおよび添加剤タンクから供給される現像液および添加剤を混合する混合槽と、添加剤の量を制御するコントローラとを備える。コントローラは、基板上のレジスト膜に形成される孤立パターンの寸法誤差を規格以内とする露光量マージンおよびフォーカス深度マージンで決定される第1プロセスウィンドウと、前記レジスト膜に形成される密集パターンの寸法誤差を規格以内とする露光量マージンおよびフォーカス深度マージンで決定される第2プロセスウィンドウとの共通領域が最大となる量の添加剤が混合層に供給されるように制御を行う。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 1つ以上の処理液タンクと、

1つ以上の添加剤タンクと、

前記処理液タンクの各々と、前記添加剤タンクの各々とに接続され、処理液タンクおよび添加剤タンクから供給される処理液および添加剤を混合する混合槽と、用途に応じて所望の処理液と添加剤とが所望の割合で混合されるように制御するコントローラと、前記所望の割合で混合された処理液を基板上に供給するノズルと、を備える半導体製造装置。

【請求項2】 1つ以上の現像液タンクと、

1つ以上の添加剤タンクと、

前記現像液タンクおよび添加剤タンクに接続され、現像液タンクおよび添加剤タンクから供給される現像液および添加剤を混合する混合槽と、基板上のレジスト膜に形成されるパターンの寸法誤差を規格以内とする露光量マージンおよびフォーカス深度マージンで決定されるプロセスウィンドウが最大になるように添加剤の量を制御するコントローラと、を備えることを特徴とする半導体製造装置。

【請求項3】 前記基板上の各レジスト膜の処理ごとに、使用する添加剤の種類と、前記プロセスウィンドウが最大になるときの添加剤の量を対応付けて格納するメモリをさらに備えることを特徴とする請求項2に記載の半導体製造装置。

【請求項4】 1つ以上の現像液タンクと、

1つ以上の添加剤タンクと、

前記現像液タンクおよび添加剤タンクに接続され、現像液タンクおよび添加剤タンクから供給される現像液および添加剤を混合する混合槽と、基板上のレジスト膜に形成される孤立パターンの寸法誤差を規格以内とする露光量マージンおよびフォーカス深度マージンで決定される第1プロセスウィンドウと、前記レジスト膜に形成される密集パターンの寸法誤差を規格以内とする露光量マージンおよびフォーカス深度マージンで決定される第2プロセスウィンドウとの共通領域が最大となるように添加剤の量を制御するコントローラとを備える半導体製造装置。

【請求項5】 前記基板上の各レジスト膜の処理ごとに、使用される添加剤の種類と、前記第1および第2のプロセスウィンドウの共通領域が最大になるときの添加剤の量を対応付けて格納するメモリをさらに有することを特徴とする請求項4に記載の半導体製造装置。

【請求項6】 前記添加剤は界面活性剤であることを特徴とする請求項2または4に記載の半導体製造装置。

【請求項7】 前記界面活性剤は、陰イオン（アニオン）型、陽イオン（カチオン）型、非イオン（ノニオン）型、フッ素型、シリコン型の界面活性剤の中から選択されることを特徴とする請求項6に記載の半導体製造装置。

【請求項8】 前記界面活性剤の少なくとも1種類は非イオン型界面活性剤であることを特徴とする請求項7に記載の半導体製造装置。

【請求項9】 前記界面活性剤の少なくとも1種類が陽イオン型界面活性剤であることを特徴とする請求項7に記載の半導体製造装置。

【請求項10】 前記界面活性剤として、非イオン型界面活性剤と陽イオン型界面活性剤とを混合する請求項7に記載の半導体製造装置。

10 【請求項11】 基板上のレジスト膜を所定のパターンに露光する工程と、1種類以上の現像液と、1種類以上の添加剤とを、前記レジスト膜に形成されるパターンの寸法誤差を規格以内とする露光量マージンおよびフォーカス深度マージンで決定されるプロセスウィンドウが最大となる割合で混合する工程と、前記混合された現像液を基板上に供給して、前記露光されたパターンを現像する工程と、を含む半導体製造方法。

20 【請求項12】 基板上のレジスト膜を孤立パターンと密集パターンとが混在する混在パターンに露光する工程と1種類以上の現像液と、1種類以上の添加剤とを、前記孤立パターンの寸法誤差を規格以内とする露光量マージンおよびフォーカス深度マージンで決定される第1プロセスウィンドウと、前記密集パターンの寸法誤差を規格以内とする露光量マージンおよびフォーカス深度マージンで決定される第2プロセスウィンドウとの共通領域が最大となる割合で混合する工程と、前記混合された現像液を基板上に供給して、前記露光された混在パターンを現像する工程と、を含む半導体製造方法。

30 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体製造過程に用いられる半導体製造装置および方法に関し、特に、半導体リソグラフィ工程で、処理するレジスト膜に応じて現像液、溶媒、添加剤などを最適な割合で混合して基板上のレジスト膜に供給する半導体製造装置および製造方法に関する。

【0002】

40 【従来の技術】LSI製造技術の向上によって、半導体回路パターンの微細化が進み、0.15 $\mu$ mクラスの超LSIの生産も行われている。このように光リソグラフィの解像度の限界に近づくにつれ、マスク、レジスト材料を含めて、あらゆる工程での最適化が必要になってきている。

【0003】具体的な例として、半導体フォトリソグラフィでのレジスト現像工程では、パターン設計寸法の微細化につれて、プロセス裕度を改善するひとつの手段として、異なる性質のレジスト膜に対して、異なる性質のレジストを用いるようになってきた。

【0004】たとえば、配線パターンなどの孤立パターンを形成するレジスト膜には、レジストの露光量に対する溶解コントラストの小さいレジストを、DRAMのライン&スペースパターンなどの密集パターンを形成するレジスト膜には、レジストの露光量に対する溶解コントラストの大きなレジストを用いている。

【0005】しかし、露光後の現像工程では、使用したレジストの種類に応じて現像液の成分や濃度を変更することなく、同一の現像液を用いて処理を行っていた。これは、通常半導体デバイスの製造は、膜形成、露光、現像、エッチングなどを繰り返す連続工程から成っているため、現像液の交換、調整に伴う工程の中断、設備や配管の追加および変更、余分のクランク設置スペースなどの問題が解決されていなかったためである。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】上述のように、従来はレジスト膜に応じてレジストの種類を変えたとしても、同じ成分の現像処理液を用いるか、あるいは通常使用されている一定種類の処理液の中から、プロセス条件を合わせ込んで一番近い条件のものを使用することで対応していた。したがって、処理液の面ではかなり制約された条件で半導体製造プロセスを行わざるを得ず、レジスト性能を最大限に引き出すことができなかった。

【0007】また、超微細パターンでは許容寸法誤差が小さく、特に、孤立パターンと密集パターンが混在するレジスト膜では、共通のプロセス裕度がいっそう狭くなる。このため、レジストやプロセス条件を変えた場合、密集パターンと孤立パターンの露光量も変動して、それぞれのパターンの最適な露光量が合致しなくなることもあった。このような場合は、レチクル上でパターンを補正するためにレチクルを作り直すか、あるいは製造中にプロセス条件を再度変更し直す必要があり、製造効率低下の原因となっていた。

【0008】さらに、同一のレジストを使用する場合であっても、微細パターンでは、処理対象であるレジスト膜の種類によっては、パターン底部の裾引きによる残渣が生じたり、パターン上部の膜減りが生じるなど、均一な矩形形状を達成しにくかった。

【0009】特に、0.15 $\mu$ m以下の寸法ルールにおいては、プロセス裕度が極端に狭いため、従来の条件で半導体デバイスの製造歩留りやパターン形状を改善しようにも限度があり、満足のいく結果が得られなかった。

【0010】そこで本発明の目的は、簡単な構造で濃度調整や成分調整を行うことができ、使用目的に応じて最適な割合に調整した処理液を供給することのできる半導体製造装置を提供することにある。

【0011】本発明の他の目的は、微細パターンの裾引きや膜減り減少を防止することのできる半導体製造装置を提供することにある。

【0012】本発明の更に他の目的は、ウエハ面内の現

像の均一性を向上することのできる現像液供給装置を提供することにある。

【0013】本発明の更に他の目的は、孤立パターンと密集パターンが混在するレジスト膜を処理する場合にも、双方のパターンの共通プロセス裕度を大幅に改善し、することのできる現像液供給装置を提供することにある。

【0014】本発明の更に他の目的は、半導体製造過程において、各レジスト膜の処理に応じて最適な処理液を供給することによりプロセス裕度を大幅に改善し、正確なパターンを形成することのできる半導体製造方法を提供することにある。

【0015】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するために、本発明の半導体製造装置は、1つ以上の処理液タンクと、1つ以上の添加剤タンクと、前記処理液タンクおよび添加剤タンクに接続され、処理液タンクおよび添加剤タンクから供給される処理液および添加剤を混合槽と、用途に応じて最適な処理液と添加剤とが最適な割合で混合されるように制御するコントローラと、前記最適な割合で混合した処理液を基板上に供給するノズルとを備える。

【0016】この構成により、半導体製造過程において、工程を中断することなく、各工程の処理と用途に応じた最適な処理剤を基板上に供給することが可能になる。

【0017】本発明の別の特徴として、1つ以上の現像液タンクと、1つ以上の添加剤タンクと、前記現像液タンクおよび添加剤タンクに接続され、現像液タンクおよび添加剤タンクから供給される現像液および添加剤を混合槽と、基板上のレジスト膜に形成されるパターンの寸法誤差を規格以内とする露光量マージンおよびフォーカス深度マージンで決定されるプロセスウィンドウが最大になるように添加剤の量を制御するコントローラと、を備える半導体製造装置を提供する。

【0018】この半導体製造装置によれば、あるレジスト膜にパターンを形成する場合に、そのレジスト膜でのプロセス裕度が最大となる添加剤の量を選択して現像液に混合するので、製造誤差が大幅に改善され、正確なパターン形成を行うことが可能になる。

【0019】本発明の更に別の特徴としての半導体製造装置は、1つ以上の現像液タンクと、1つ以上の添加剤タンクと、前記現像液タンクおよび添加剤タンクに接続され、現像液タンクおよび添加剤タンクから供給される現像液および添加剤を混合槽と、基板上のレジスト膜に形成される孤立パターンの寸法誤差を規格以内とする露光量マージンおよびフォーカス深度マージンで決定される第1プロセスウィンドウと、前記レジスト膜に形成される密集パターンの寸法誤差を規格以内とする露光量マージンおよびフォーカス深度マージンで決定さ

れる第2プロセスウィンドウとの共通領域が最大となるように添加剤の量を制御するコントローラと、を備える半導体製造装置を提供する。

【0020】この構成により、同一レジスト膜内に密集パターンと孤立パターンが混在している場合にも、双方のパターンに適した露光量で正確なパターン形成が可能になる。

【0021】添加剤は例えば界面活性剤である。この場合、界面活性剤は、陰イオン（アニオン）型、陽イオン（カチオン）型、非イオン（ノニオン）型、フッ素型、シリコン型の界面活性剤の中から選択される。

【0022】界面活性剤を添加することによって、現像液の表面張力が下がり、現像液とレジスト膜との密着性が改善され、ウェハ内の現像の均一性が向上する。非イオン型の界面活性剤を添加した場合は、溶解性能が向上し、パターンの残渣や引き形状が改善される。陽イオン型界面活性剤を添加した場合は、界面活性剤がレジストパターン表面に吸着してレジストパターンの溶解を遅くすることによって、膜減りを抑えてパターンを矩形に保つことができる。

【0023】さらに別の特徴として、本発明の半導体製造方法は、基板上のレジスト膜を所定のパターンに露光する工程と、1種類以上の現像液と1種類以上の添加剤とを、前記レジスト膜に形成されるパターンの寸法誤差を規格以内とする露光量マージンおよびフォーカス深度マージンで決定されるプロセスウィンドウが最大となる割合で混合する工程と、混合された現像液を基板上に供給して露光されたパターンを現像する工程と、を含む。

【0024】さらにまた別の特徴として、本発明の半導体製造方法は、基板上のレジスト膜を孤立パターンと密集パターンとが混在する混在パターンに露光する工程と、1種類以上の現像液と1種類以上の添加剤とを、孤立パターンの寸法誤差を規格以内とする露光量マージンおよびフォーカス深度マージンで決定される第1プロセスウィンドウと、密集パターンの寸法誤差を規格以内とする露光量マージンおよびフォーカス深度マージンで決定される第2プロセスウィンドウとの共通領域が最大となる割合で混合する工程と、混合された現像液を基板上に供給して露光された混在パターンを現像する工程と、を含む。

【0025】本発明のその他の特徴、効果は、以下に述べる実施の形態によって、より明確になるものである。

#### 【0026】

【発明の実施の形態】まず、本明細書中で使用するプロセスウィンドウという用語を定義する。プロセスウィンドウとは、図3に示すように、露光量を横軸に、フォーカス深度を縦軸にとったED（Exposure-Defocus）平面において、許容寸法誤差に対応する露光量マージンとフォーカス深度マージンとで決定されるED曲線によって描かれるウィンドウを意味する。例えば、ポジ型レジス

トパターンでの場合、線幅が $0.15\mu\text{m}$ のパターンを形成する場合の許容寸法誤差を $\pm 10\%$ とすると、 $+10\%$ に対応する露光量およびフォーカス深度のED曲線（図3(1)(a)の左側の曲線）と、 $-10\%$ に対応するED曲線（同図の右側の曲線）とで決定されるウィンドウがプロセスウィンドウである。プロセスウィンドウが大きいほどプロセス裕度が大きくなり、高い歩留まりで半導体デバイスを製造することが可能になる。

【0027】本発明のED曲線のプロセスウィンドウは以下のように作成される。

【0028】あるレジストと現像液の組み合わせにおいて、露光量とフォーカスとを変動させたサンプルを多数作成する。具体的には、所定のパターンを異なる露光量と異なるフォーカスでレジスト上に露光し、現像する。その後、それぞれのサンプルのレジストパターンの寸法を測定する。許容寸法誤差が $10\%$ とすると、測定寸法が $-10\%$ となったサンプル群のそれぞれの露光量とフォーカスをプロットしてつないだ線と、測定寸法が $+10\%$ になったサンプル群のそれぞれの露光量とフォーカスをプロットしてつないだ線とが、許容境界を表わすED曲線であり、このED曲線の内側がプロセスウィンドウとなる。

【0029】本発明の発明者は、現像液に界面活性剤を添加していくと、添加する界面活性剤の量によって、ED平面上でのプロセスウィンドウの位置およびウィンドウのサイズが変化することを発見した。さらに、孤立パターンと密集パターンとでは、その位置変化の方向が逆方向になることを発見した。

【0030】具体的には、孤立パターン（たとえばMOSFETなどの配線パターン）では、図3(1)に示すように、添加する界面活性剤の量を増やしていくと、プロセスウィンドウの位置は露光量の正方向にシフトしてゆき、ある添加量でそのウィンドウサイズが最大になる。逆に、密集パターン（例えばDRAMのライン&スペースパターン）では、図3(2)に示すように、添加する界面活性剤の量を増加すると、プロセスウィンドウの位置は露光量の負方向にシフトし、ある添加量のときにウィンドウサイズが最大になる。

【0031】ウィンドウサイズ（すなわち左側のED曲線と右側のED曲線との間の領域）が最大になるときの添加剤の量は、用いるレジストの種類および添加剤の種類によって異なる。そこで、基板上に形成されるレジスト膜ごとに最も適切なレジストを選択し、そのレジストを現像するときに現像液に添加するのに最も適した添加剤を選択し、さらにその添加剤の量として、ED曲線によるプロセスウィンドウのサイズが最大になる量を選択することによって、最大のプロセス裕度でパターン形成が行えることを確認した。

【0032】また、孤立パターンと密集パターンが混在するレジスト膜では、添加する界面活性剤の量変化にし

7

たがって、孤立パターンのプロセスウィンドウと、密集パターンのプロセスウィンドウとが逆方向にシフトすることから、これら2つのプロセスウィンドウが重なり合う共通領域が最大となるときの界面活性剤の量を選ぶことによって、混在パターン形成のプロセス裕度が大幅に改善されることを確認した。

【0033】図4(a)は、密集パターンと孤立パターンとの共通領域(斜線で示す)が最大になった場合を示す。このときの添加剤の量を、そのレジスト膜処理の最適添加剤量とする。界面活性剤を添加しない場合、あるいは添加しても界面活性剤の量が不十分な場合は、図4(b)に示すように、斜線で示す共通領域が狭くなる。界面活性剤を添加しない場合は、レジストの種類によっては、図4(c)に示すように、密集パターンと孤立パターンとのプロセスウィンドウが重なり合わず、いずれかのパターンでパターンニング不良を起こす場合もある。

【0034】そこで、密集パターンと孤立パターンとのプロセスウィンドウとの共通領域が最大となる最適量の添加剤を現像液に混合して基板上に供給することにより、緻密パターンを正確かつ均一にパターンニングすることのできる半導体製造装置および方法を提案するに至った。

【0035】以下、図面を参照して本発明を詳細に説明する。

【0036】図1は、本発明の一実施形態にかかる半導体製造装置10の概略ブロック図である。この半導体製造装置10は、処理液タンク1、溶媒タンク2、添加剤タンク3、混合槽4、ノズル5、CPU6、メモリ7を有する。処理液タンク1は1つ以上のタンクから成り、各々がたとえば現像液を収容する。溶媒タンク2はたとえば純水を収容する。添加剤タンク3は1つ以上のタンクから成り、各々がたとえば界面活性剤を収容する。これらのタンクは混合槽4と配管(実線で示す)で接続され、処理液、添加剤などが所定の割合で混合槽4に供給され、混合される。混合された液体は、ノズル5から半導体基板(不図示)上へ供給される。

【0037】CPU6は、一点鎖線で示すように、各タンク1~3および混合槽4と電氣的に接続され、混合槽4に供給される各液体の量およびノズル5に送られる混合液の量を制御する。

【0038】メモリ7は、基板上に形成される各レジスト膜の処理ごとに、そのレジスト膜の処理に最適な添加剤の種類と量に対応付けて格納する。例えば、孤立パターンのみ、あるいは密集パターンのみが形成されるレジスト膜の処理では、各レジスト膜ごとに、使用する添加剤の種類と、ED平面上のプロセスウィンドウが最大になるときの添加剤量を格納する。また、孤立パターンと密集パターンが混在するレジスト膜の処理では、密集パターンと孤立パターンとのプロセスウィンドウの共通領域

8

が最大となる添加剤量に対応付けて格納する。

【0039】CPU6は、メモリ7に格納された情報にしたがって、混合槽4へ供給される添加剤の量を制御する。

【0040】図2は、図1に示す半導体装置を、配管の側面からより詳細に描いた図である。

【0041】図2において、現像液タンク11と、溶媒タンク21と、添加剤タンク31に収容された各液体は、混合槽41に供給され、混合される。混合された液体は、ノズル53を介して、現像室51内で保持されるウエハ54上に供給される。

【0042】具体的には、現像液タンク11aは、バルブ12aとN<sub>2</sub>ライン17を介して図示しないN<sub>2</sub>ポンペに接続されている。現像タンク11a内の現像液は、N<sub>2</sub>ポンペにより加圧されて、現像液ライン13aからバルブ12b、流量計14a、フィルタ15a、およびバルブ12cを経由して混合槽41へ供給される。

【0043】現像液の濃度はフォトリソグラフィプロセスで使用する濃度と同等またはそれよりも高い濃度であるのが好ましい。現像液タンク11aにあらかじめ高濃度の現像液を充填しておき、混合槽41で必要な濃度に希釈することによって多種のレジスト膜に対処できるうえに、タンク設置スペースを有効利用できるからである。

【0044】混合槽41に供給される現像液の流量は、CPU6(図1)に接続された流量計14aによって制御される。現像液ライン13に、温度装置(不図示)を設置してもよい。

【0045】現像液タンク11aはまた、バルブ12dを介してエア抜きライン16aと接続されている。

【0046】必要に応じて、現像液タンク11aと同様の構造を有する現像液タンク11bを混合槽41に接続して、異なる種類の現像液を収容してもよい。現像タンクの数、および現像液の種類は、とくに限定されない。たとえば、本実施例では半導体リソグラフィ工程における現像液として、テトラメチルアンモニウムヒドロキシド(TMAH)を用いるが、TMAH水溶液に限定されるものではない。レジストによっては、有機溶媒現像液を用いる場合もあるが、環境保護の面からはアルカリ水溶液が好ましく、適宜、種類の変更が可能である。

【0047】また、図示はしないが、1種類の現像液に対して2系統の現像タンクを持たせて、一方の現像液タンクが空になった場合に他方の現像液タンクに切り替える構成にしてもよい。これによって、中断なく現像液が供給され、その間に空になったタンクを再充填することによって、時間的なロス回避できる。

【0048】混合槽41には、溶媒タンク21が溶媒ライン22を介して接続されており、バルブ12e、流量計14b、バルブ12fを介して混合槽41に溶媒が供給される。溶媒タンク21は、バルブ12gとN<sub>2</sub>加圧

ライン23を介して図示しないN<sub>2</sub>ポンペに接続され、加圧により溶媒が溶媒ライン22を介して混合槽41に供給される。溶媒の流量は流量計14bによって制御される。溶媒タンク21はまた、バルブ12hを介してエア抜きライン16bと接続されている。

【0049】図2の例では溶媒タンク21を用いているが、たとえば超純水のように半導体製造工場で供給ラインから直接供給される溶媒に関しては、溶媒タンクを特に設ける必要はない。この場合、溶媒ライン22はバルブ12eを介して供給ラインと接続され、流量計14cによって流量を制御する。

【0050】混合槽41には、添加剤ライン32を介して添加剤タンク31aが接続され、バルブ12i、流量計14c、フィルタ15c、バルブ12jを介して添加剤が混合槽41に供給される。添加剤タンク31aはまた、バルブ12kとN<sub>2</sub>加圧ライン33を介して図示しないN<sub>2</sub>ポンペに接続され、加圧により添加剤が添加剤ライン32を介して混合槽41に供給される。添加剤タンク31aはバルブ12lを介してエア抜きライン16cと接続されている。

【0051】図2に示す例では、添加剤31a、31bと2種類の添加剤を備える構成としたが、添加剤の種類は2種類に限定されず、適宜必要な添加剤タンクを接続してもよい。また、溶媒タンクと同様に、1種類の添加剤に対して2系統の添加剤タンクを接続することによって、一方の添加剤タンクが空になっても、他方のタンク中の添加剤を使用し、この間に空になったタンクに添加剤を再充填することによって、プロセスの中断や充填による処理時間のロスを防止することができる。

【0052】このようにして、必要量の現像液、溶媒、添加剤が混合槽41に供給され、混合槽41内において攪拌装置42によって攪拌される。

【0053】混合槽41には、N<sub>2</sub>抜きライン16dがバルブ12mを介して接続される。また、混合槽41に濃度センサ43aが接続され、攪拌された現像液の濃度を測定する。濃度センサ43aはCPU(図1)に接続され、検出された濃度がフィードバックされて、各タンクから混合槽41に供給される現像液、溶媒、添加剤の量が制御される。制御された量に基づいて成分調整された混合現像液は、ライン52、バルブ12n、流量計14d、バルブ12oを介し、現像室51内のノズル53から基板54上に吐出され、処理中のレジスト膜の現像を行う。

【0054】混合、調整された現像液をノズルに供給するライン52に濃度センサ43bを設けて、基板に供給される現像液濃度をリアルタイムでモニタしてもよい。

【0055】本実施例の半導体装置はN<sub>2</sub>加圧方式の装置であるが、この方式に限定されるものではない。たとえば、現像液供給ライン13、溶媒供給ライン22、添加剤供給ライン32、混合現像液供給ライン52の各々

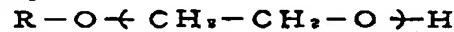
にポンプを設置して、ポンプにより各液体の流出を行ってもよい。

【0056】以下、具体的な実施例に基づき、フォトリソ膜の現像に最適な量の添加剤について説明をする。

【0057】＜実施例1＞図2に示す半導体製造装置を用い、ウェハ54上に形成したフォトリソ膜を現像した。具体的には、ウェハ54上に形成したシリコン酸化膜上に、シプレー社製反射防止膜AR3を膜厚60nmで塗布し、図示しないベーカーで190℃で60秒ベークした後、JSR株式会社製の化学増幅型レジストKRFK2Gを膜厚0.6μmで塗布したサンプルを準備した。このサンプルを、マスクごしに露光して、0.15μmラインパターンをウェハ54上に焼き付けた。露光は、ニコン社製KrFエキシマレーザ縮小露光装置NSR-S203Aで行い、露光後直ちにベーカーで100℃で120秒間ベークした。パターン露光したサンプルを現像するために、現像液として25重量%のテトラメチルアンモニウムヒドロキシド(TMAH)水溶液を用い、添加剤として、式1の構造式で示される非イオン型界面活性剤を用いた。式1のRは、炭素基Cが10~25の飽和もしくは不飽和脂肪酸である。

【0058】

【化1】



あらかじめ、現像液に添加する上記界面活性剤量を0ppm~2000ppmの間で調整して、露光量マージンとフォーカス深度マージンとで決定されるプロセスウィンドウの位置とサイズを測定、観察したところ、添加量が100ppmのときにED平面内でのプロセスウィンドウのサイズが最大になった。

【0059】そこで、図2の現像液タンク11に上記25重量%のTMAH水溶液を充填し、添加剤タンク31に式1の界面活性剤を充填し、図示しないN<sub>2</sub>ポンペからの加圧によって、界面活性剤の量が100ppmになるように混合槽41に供給した。また、混合槽41に超純水ライン22から超純水を加えて希釈し、プロセス条件に合わせて現像液のアルカリ強度を0.262Nに調整した。

【0060】このように成分調整した現像液を、ノズル53より露光済みのレジスト膜上に供給して、約60秒間、現像を行った。現像後、ライン幅0.15μmのパターンの面内均一性を測定した結果、3σが10nmになった。

【0061】比較例として、上記の界面活性剤を含まない2.38重量%のTMAH水溶液で、同一のサンプルを同一時間現像した結果、0.15μmのパターンの3σは20nmであった。このように、最適な量の界面活性剤を添加することによって、面内均一性が大きく改善さ



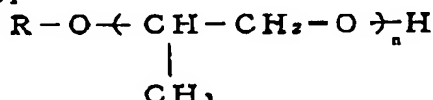
れることがわかった。

【0062】＜実施例2＞実施例1と同一のサンプルを同一条件で露光し、実施例1と同一のTMAH現像液を使用した。添加剤として、式2の構造式で示される非イオン型界面活性剤を使用した。R基は炭素基Cが10～25の飽和もしくは不飽和脂肪酸である。あらかじめ、この界面活性剤の添加量を0ppm～2000ppmの間で調整した結果、添加量が200ppmのときにED平面内のプロセスウィンドウのサイズが最大になった。

【0063】そこで、図2の装置の添加剤タンク31に、式2の構造式の非イオン型界面活性剤を充填し、現像液タンク11に実施例1と同様のTMAH現像液を満たし、界面活性剤濃度が200ppm、現像液のアルカリ強度が0.30Nとなるように、混合槽41内で超純水とともに混合して、調整現像液を生成した。この調整現像液をノズル53から、実施例1と同一のサンプル上に供給して、約30秒間現像した。

【0064】

【化2】



現像後、電子顕微鏡拡大写真でパターンの断面形状を観察したところ、図5(1)のように、残渣や裾引きのない、良好な矩形形状となった。

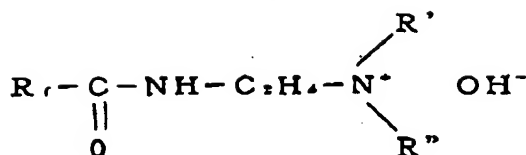
【0065】比較例として、式2の構造式の界面活性剤を含まないアルカリ強度0.30Nの2.38%TMAH水溶液で、同様のサンプルを同一時間(約30秒)現像したところ、パターンの断面形状に図5(2)に示すような裾引きが生じた。

【0066】なお、式2の構造式の界面活性剤を200ppm添加した場合のプロセス裕度は、10%の露光量マージンに対してフォーカス深度マージン(あるいはフォーカス裕度)が0.9μmであった。界面活性剤をまったく添加しない場合は、10%の露光量マージンに対してフォーカス深度マージンは0.6μmであったことから、最適量の界面活性剤を添加したことにより、プロセス裕度が1.5倍に改善されたことがわかる。

【0067】＜実施例3＞実施例1と同一のサンプルを同一条件で露光し、実施例1と同一のTMAH現像液を使用した。添加剤として、式3の構造式で示される陽イオン型界面活性剤を使用した。R<sub>1</sub>基はCH<sub>3</sub>基の一部のH基がフッ素基Fに置換されたフッ素型陽イオン界面活性剤である。あらかじめ、この界面活性剤の添加量を0ppm～2000ppmの間で調整した結果、添加量が150ppmのときにED平面内のプロセスウィンドウのサイズが最大になった。

【0068】

【化3】



そこで、図2の装置の添加剤タンク31に、式3の構造式の陽イオン型界面活性剤を充填し、現像液タンク11に実施例1と同様のTMAH現像液を満たし、界面活性剤濃度が150ppm、現像液のアルカリ強度が0.21Nとなるように、混合槽41内で超純水とともに混合して、調整現像液を生成した。この調整現像液をノズル53から、実施例1と同一のサンプル上に供給して、約60秒間現像した。

【0069】現像後、電子顕微鏡拡大写真でパターンの断面形状を観察したところ、図6(1)のように、膜減りのない、良好な矩形形状となった。

【0070】比較例として、式3の構造式の界面活性剤を含まないアルカリ強度0.21Nの2.38%TMAH水溶液で、同様のサンプルを同一時間(約60秒)現像したところ、パターンの断面形状に図6(2)に示すような膜減りが生じた。

【0071】なお、式3の構造式の界面活性剤を150ppm添加した場合のプロセス裕度は、10%の露光量マージンに対してフォーカス深度マージン(あるいはフォーカス裕度)が0.86μmであった。界面活性剤をまったく添加しない場合は、10%の露光量マージンに対してフォーカス深度マージンは0.6μmであったことから、最適量の陽イオン型界面活性剤を添加したことにより、プロセス裕度が約1.42倍に改善されたことがわかる。

【0072】＜実施例4＞実施例1と同一のサンプルを用い、孤立パターンと密集パターンの混在するマスクを使用して、実施例1と同一の露光装置で混在パターンの露光を行った。実施例1と同一のTMAH現像液を使用し、添加剤として、式1の構造式で示される非イオン型界面活性剤と、式3の構造式で示される陽イオン型界面活性剤とを添加した。あらかじめ、式3の陽イオン型界面活性剤の添加量を0ppm～400ppmまで変化させてED曲線(プロセスウィンドウ)の変化を観察したところ、0.18μm孤立パターンでは図3(1)のように正方向に位置変化し、同一レジスト膜内の0.15μm密集パターンのプロセスウィンドウは、図3(2)のように負方向に位置変化した。孤立パターンと密集パターンのプロセスウィンドウの共通領域が最大になるときの陽イオン型界面活性剤添加量は100ppmであった。この混在パターンに対して、今度は式1の構造式で示す非イオン型界面活性剤の添加量を0ppm～400ppmまで変化させて、再度ED曲線の変化を観察した。孤立パターンと密集パターンのプロセスウィンドウ



13

の共通領域が最大になるときの非イオン型界面活性剤の添加量は150ppmであった。

【0073】図2の装置の現像液タンク31に、実施例1と同様のTMAH現像液を充填し、添加剤タンク31aに式1の構造式で示される非イオン型界面活性剤を、添加剤タンク31bに式3の構造で示される陽イオン型界面活性剤を充填した。

【0074】現像液、非イオン型界面活性剤、および陽イオン型界面活性剤を混合槽41に供給し、現像液のアルカリ強度が0.262N、非イオン型界面活性剤濃度が150ppm、陽イオン型界面活性剤濃度が100ppmとなるように混合した。混合した調整現像液を、ウエハ54上に吐出し、30秒間現像を行った。

【0075】この添加量でのED曲線は、図4(a)に示すように、0.18 $\mu$ m孤立パターンのウィンドウ（一点鎖線で示す）と、0.15 $\mu$ m密集パターンのウィンドウ（実線）との共通領域が最大となり、5%露光量裕度におけるフォーカス裕度が0.5 $\mu$ mであった。

【0076】比較例として、界面活性剤をまったく含まない2.38%TMAH水溶液で孤立パターンと密集パターンとの混在するレジスト膜を現像したところ、図4(b)に示すように、双方のパターンのプロセスウィンドウの共通領域が非常に狭くなり、5%露光量裕度におけるフォーカス裕度が0.2 $\mu$ mであった。

【0077】このように、2種類の界面活性剤を混合して現像液に添加したところ、添加しない場合と比べて、孤立パターンと密集パターンが混在するレジスト膜のパターニングプロセス裕度が、2.5倍に改善された。

【0078】＜実施例5＞この実施例では、形成するパターンごとに使用するレジストの種類を変え、それぞれのレジスト膜を、最適量の界面活性剤を添加した現像液で現像した。

【0079】まず、ウエハサンプルとして、基板上にシリコン酸化膜を形成し、その上にシプレー社製反射防止膜AR3を膜厚60nmで塗布し、190℃で60秒ベークした。反射防止膜上に、形成するパターンの種類によって異なる種類のレジストを塗布し、以下の3種類のサンプルを準備した。

【0080】(1)ライン&スペースパターンを形成するレジスト膜として、東京応化工業株製の化学増幅ポジ型レジストTDUR-P009を膜厚0.7 $\mu$ mで塗布した（サンプル1）。

【0081】(2)コンタクトホールパターンを形成するレジスト膜として、東京応化工業株製の化学増幅ポジ型レジストTDUR-P015を膜厚0.8 $\mu$ mで塗布した（サンプル2）。

【0082】(3)孤立ラインパターンを形成するレジスト膜として、東京応化工業株製の化学増幅ネガ型レジストTDUR-N908を膜厚0.73 $\mu$ mで塗布した（サンプル3）。

14

【0083】これらのサンプル1～3をニコン社製KrFエキシマレーザー縮小露光装置NSR-S203Aで露光し、露光後直ちにベークした。ベーク条件は、サンプル1および2が、110℃で90秒、サンプル3が130℃で90秒であった。

【0084】図2の装置の現像液タンク11に、25重量%のTMAH水溶液を充填し、添加剤タンク31a、31b、31c（不図示）に、それぞれ式1～式3で示される構造式の界面活性剤を充填した。各サンプルのパターンに対し、あらかじめED曲線のプロセスウィンドウが最大になるときの各添加剤の量を測定しておいた。

【0085】(1)TDUR-P009のレジスト膜に0.15 $\mu$ mライン&スペースパターンを露光したサンプル1に対して、TMAH現像液のアルカリ強度を0.26Nに調整し、式1の界面活性剤を最適量の100ppmになるように混合して、60秒現像した。このとき、5%露光量裕度におけるフォーカス裕度が0.7 $\mu$ mであった。

【0086】比較例として、同様のレジスト層を、界面活性剤を添加しない現像液で現像したところ、5%露光量裕度におけるフォーカス裕度は0.3 $\mu$ mであった。すなわち、最適量の界面活性剤を混合することによって、ライン&スペース密集パターンのプロセス裕度が2.3倍に改善された。

【0087】また、パターンの均一性として、界面活性剤を添加しない場合の0.15 $\mu$ mライン&スペースパターンの3 $\sigma$ が25nmであったのに対し、最適量の界面活性剤を添加した場合は3 $\sigma$ が10nmに改善され、誤差の小さい均一なパターン形成が可能になった。

【0088】(2)TDUR-P015のレジスト膜に0.20 $\mu$ mコンタクトホール孤立パターンを露光したサンプル2に対して、TMAH現像液のアルカリ強度を0.30Nに調整し、式1の界面活性剤を100ppm、および式2の界面活性剤を100ppm混合し、30秒現像した。このとき、5%露光量裕度におけるフォーカス裕度が1.00 $\mu$ mであった。

【0089】比較例として、同様のレジスト層を、界面活性剤を添加しない現像液で現像した結果、5%露光量裕度におけるフォーカス裕度は0.7 $\mu$ mであった。すなわち、最適量の界面活性剤を混合することによって、コンタクトホール孤立パターンのプロセス裕度が1.4倍に改善された。

【0090】パターンの均一性として、界面活性剤を添加しない場合の0.20 $\mu$ mコンタクトホールパターンの3 $\sigma$ が18nmであったのが、最適量の界面活性剤を添加した場合に3 $\sigma$ が10nmに改善された。

【0091】(3)TDUR-N908のレジスト膜に0.18 $\mu$ m孤立ラインパターンを露光したサンプル3に対して、TMAH現像液のアルカリ強度を0.21Nに調整し、式3の界面活性剤を最適量の200ppmま

で混合して、60秒現像した。このとき、5%露光量裕度におけるフォーカス裕度が0.85 $\mu$ mであった。

【0092】比較例として、同様のレジスト膜を、界面活性剤を添加しない現像液で現像した結果、5%露光量裕度におけるフォーカス裕度は0.5 $\mu$ mであった。すなわち、最適量の界面活性剤を混合することによって、孤立ラインパターンのプロセス裕度が1.7倍に改善された。

【0093】また、パターンの均一性として、界面活性剤を添加しない場合の0.18 $\mu$ mラインパターンの3 $\sigma$ が20nmであったのが、最適量の界面活性剤を添加した場合は3 $\sigma$ が10nmに改善された。

【0094】この実施例の場合、現像液タンクを1つだけ用意し、現像するレジスト膜に応じて各添加剤タンクから所望量の添加剤を混合層41に供給して混合し、各レジスト膜に応じた最適の現像液を調整することができるので、余分なスペースを必要とせず、プロセス裕度が改善され、正確なパターニングが可能になった。

【0095】以上の結果から、パターンが緻密になり線幅が狭くなるほど、プロセス裕度および均一性の改善度が大きくなり、本発明の効果が顕著に現れることがわかる。このような実験データに基づいて、レジスト膜に形成されるパターンの種類（孤立パターンのみ、密集パターンのみ、あるいはそれらの混在パターン）、および使用するレジストの種類ごとに、それぞれ最適の添加剤の種類と添加量を対応付けて、あらかじめメモリ7に格納しておく。これにより、連続する半導体製造工程において、どの添加剤タンクからどれだけの量の添加剤を混合槽に供給するかを制御するだけで、超微細パターンのプロセス裕度が大幅に改善され、正確で均一なパターン形成が実現される。

【0096】

【発明の効果】単一種類のパターンが形成されるレジスト膜を処理する場合、露光量マージンとフォーカス深度マージンとで決定されるプロセスウィンドウが最大となる量の界面活性剤を現像液に混合することによって、裾引きや膜減りのない、断面形状が均一な矩形パターンを形成することができる。

【0097】孤立パターンと密集パターンの混在するレジスト膜を処理する場合、孤立パターンと密集パターン

のプロセスウィンドウの共通領域が最大となる量の界面活性剤を現像液に混合することによって、双方のパターンに対するプロセス裕度を最大にすることができる。したがって、混在型の超微細パターンを形成する場合にも、寸法誤差を最小にして正確なパターン形成を行うことができる。

【0098】1つの混合槽に必要な種類の処理液のタンクを接続し、連続する半導体製造過程のレジスト膜処理工程に応じて、最適種類の添加剤を最適の割合で混合することができるので、余分なスペースや特別の配管工事を必要とせず、処理時間のロスなしに微細パターンの形成を行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の半導体製造装置の概略ブロック図である。

【図2】図1に示す半導体製造装置の模式図である。

【図3】界面活性剤の添加量に応じたED曲線によるプロセスウィンドウの変化を示す図であり、図3(1)は孤立パターンのプロセスウィンドウの変化を、図3(2)は密集パターンのプロセスウィンドウの変化を示す。

【図4】界面活性剤の添加量の変化にともなった、孤立パターンのプロセスウィンドウと密集パターンのプロセスウィンドウとの共通領域の変化を示す図である。

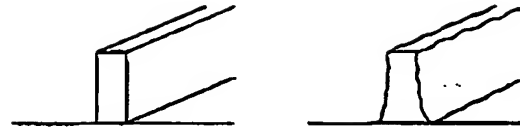
【図5】半導体基板上に形成されたパターンの断面形状を示す図であり、最適量の界面活性剤を添加することによる裾引きの改善を説明するための図である。

【図6】半導体基板上に形成されたパターンの断面形状を示す図であり、最適量の界面活性剤を添加することによる膜減りの改善を説明するための図である。

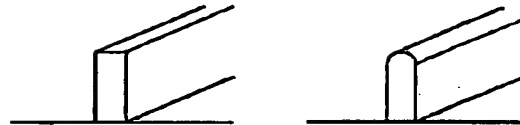
【符号の説明】

- 1、11 処理液タンク
- 2、21 溶媒タンク
- 3、31 添加剤タンク
- 4、41 混合槽
- 5、53 ノズル
- 6 CPU
- 7 メモリ
- 10 半導体製造装置
- 54 ウエハ

【图5】

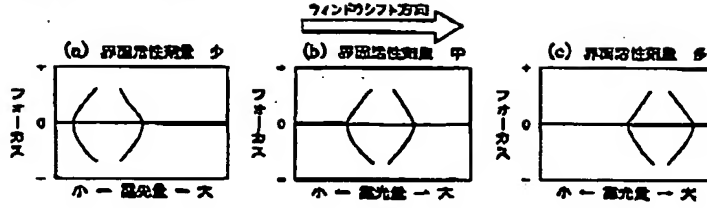


(1)

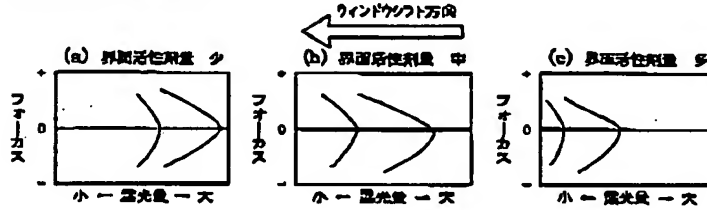


【図3】

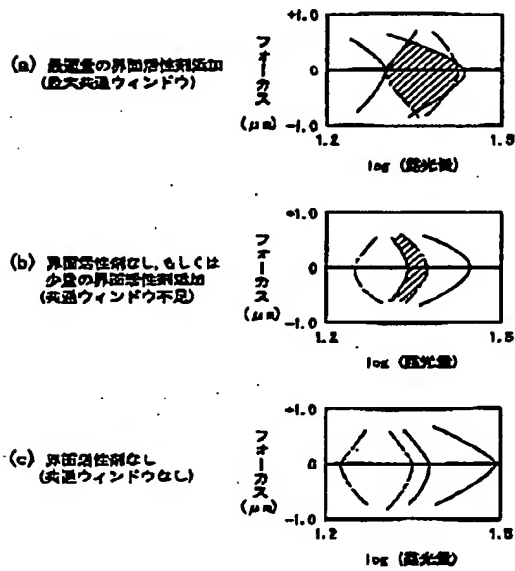
## (1) 孤立パターンのED-Type



## (2) 曲線パターンのED-Type



【図4】



———— 曲線パターンのウィンドウ

----- 孤立パターンのウィンドウ